

## CONTROL DEVICE FOR VEHICLE

Publication number: JP4252776

Publication date: 1992-09-08

Inventor: HASHIGAYA HIROAKI

Applicant: NISSAN MOTOR

Classification:

- international: B62D6/00; B62D7/14; B62D11/00; B62D113/00;  
B62D137/00; B62D6/00; B62D7/14; (IPC1-7);  
B62D6/00; B62D11/00; B62D113/00; B62D137/00

- European:

Application number: JP19910027755 19910130

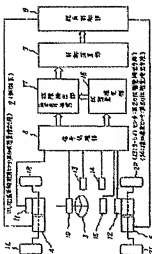
Priority number(s): JP19910027755 19910130

Report a data error here

## Abstract of JP4252776

**PURPOSE:** To detect sensor trouble even without providing over two pieces of same kind sensors as sensors for detecting quantity of state, in the control device of a vehicle.

**CONSTITUTION:** In a steering angle control device, front and rear wheel steering angle sensors 11, 12, a yaw rate sensor 13, and a lateral acceleration sensor 14 are at least used for steering angle control. A quantity of state estimation part 15 estimates output of the sensors 13, 14 from front and rear wheel steering angles. A trouble detection part 17 judges which sensor is troubled in the sensor group 11-14, by comparing the output of the sensors 13, 14 and the estimated value. Even using each sensor singly, a troubled sensor can be specified and the trouble can be judged, and cost against the sensors can be reduced.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

特開平4-252776

(43) 公開日 平成4年(1992)9月8日

(51) Int.Cl.<sup>2</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 6 2 D 6/00

9034-3D

// B 6 2 D 111:00

113:00

137:00

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平3-27785

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(22) 出願日 平成3年(1991)1月30日

(72) 発明者 横ヶ谷 浩昭

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74) 代理人 弁理士 杉村 曉秀 (外5名)

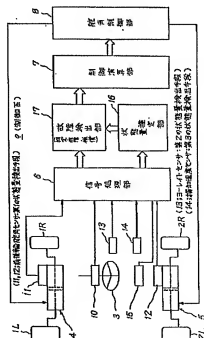
## (54) 【発明の名称】 車両の制御装置

## (57) 【要約】

【目的】 車両の制御装置で、状態量検出用のセンサに同種のセンサを2個以上設けなくてもセンサ故障を検出する。

【構成】 舵角制御装置は舵角制御に少なくとも前後輪舵角センサ11、12、ヨーレートセンサ13、横加速度センサ14を用いる。状態量推定部16は前後輪舵角からセンサ13、14の出力を推定する。故障検出部17はセンサ13、14の出力とその推定値とを比較してセンサ11～14群のうちのセンサが故障かを判定する。

【効果】 センサが1個ずつでも故障センサを特定してセンサ故障を判断でき、センサにかかるコストを低減できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両の運動に関する状態量を検出しその状態量に基づき車両を制御する車両の制御装置であって、車両の運動に関する状態量のうち、少なくとも3種の状態量を検出する第1、第2、第3の状態量検出手段を有する状態量検出手段群と、該状態量検出手段群のうちの第1の状態量検出手段の出力から、第2の状態量検出手段の出力の推定値を出力する第2の状態量推定手段と、該第1又は第2の状態量検出手段の少なくとも一方の出力から、第3の状態量検出手段の出力の推定値を出力する第3の状態量推定手段とを有する状態量推定部と、前記第2、第3の各状態量検出手段の出力と該状態量推定部による夫々の推定値とを比較した夫々の比較結果の組合わせから前記状態量検出手段群のうちのどの検出手段が故障かを判定する判定手段とを具備してなることを特徴とする車両の制御装置。

【請求項2】 車両の運動に関する状態量を検出しその状態量に基づき車両を制御する車両の制御装置であって、請求項1記載の状態量検出手段群を有すると共に、該状態量検出手段群における第2、第3の状態量検出手段のうちの一方の状態量検出手段の出力を、夫々その他方の状態量検出手段の出力と第1の状態量検出手段の出力から推定する状態量推定部を有し、該第2、第3の状態量検出手段のいずれか一方が故障したときには、該状態量推定部の出力を当該故障した一方の状態量検出手段の出力の代わりを用いる故障補償手段を有することを特徴とする車両の制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は車両の制御装置に関するものであり、特に車両の運動に関する検出状態量に基づき車両の制御を行う制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 車両の各種状態量を検出するセンサ類の出力信号を用いて車両の制御を行う車両の制御装置において、センサの故障検出をするのに故障検知対象センサについてはセンサを2個設置することで故障発生の有無を判断する方式によるものでは、その2個のセンサ同志の出力の比較を行い、センサ故障を検出することができる。即ち、同じ状態量を検出する2個のセンサの互いの出力信号を比較して、その値の差が所定値以上になったら、そのセンサ系には故障があると判断するのであり、そのためにセンサを2個設置する。従って、例えば、後輪操舵機構を有する4WS車の舵角制御装置の場合でいえば、舵角センサを故障検知の対象とするなら舵角センサを2個設けるようにし、また、舵角制御の舵角演算に制御情報としてヨーレイトを使用する場合においてヨーレイトを検出するヨーレイトセンサをも故障検知の対象とするときは、ヨーレイトセンサについても2個設けるようにして、夫々のセンサ故障診断に備えることにな

る。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、かような故障検出装置によってセンサの故障の検出を行う車両の制御装置においては、同種のセンサを少なくとも2個設置しそれらの出力を比較してセンサの故障を検出するため、故障診断のために同じ状態量を検出するセンサが少なくとも2個必要となり、従ってセンサ個数が増加しコストも増加する。また、制御に必要な状態量情報を増やして制御の向上を図ろうとする場合、そのためのセンサをシステム中に新たに1種追加するときはセンサ1個の追加使用では足りず、2個センサを追加しなければならないことになる。いずれの場合も、その分制御システムを高価なものとし、低廉なシステムを望むときはコスト的な負担となる。

【0004】 また、たとえ同種の2個のセンサで当該検出系の故障の診断は行っても、そのうちのどちらのものの故障かが分からなければ（即ち正常な方はどちらであるか区別できなければ）、故障発生後は、その検出系で検出の対象となっている状態量が制御情報として必要な制御は続けるわけにはいかない。

【0005】 本発明の目的は、車両の運動に関する少なくとも3種の状態量を検出し、その検出状態量を制御に用いる車両の制御装置において、故障検知の対象となる状態量検出手段は同種のものを2以上設けなくても故障検出を行え、しかも故障した状態量検出手段の特定ができる車両の制御装置を提供することにある。更に他の目的は、状態量検出手段が故障した際に何を続けることのできる車両の制御装置を提供することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明によれば、図1に概念を示す如く、下記の車両の制御装置が提供される。

【0007】 車両の運動に関する状態量を検出しその状態量に基づき車両を制御する車両の制御装置であって、車両の運動に関する状態量のうち、少なくとも3種の状態量を検出する第1、第2、第3の状態量検出手段を有する状態量検出手段群と、該状態量検出手段群のうちの第1の状態量検出手段の出力から、第2の状態量検出手段の出力の推定値を出力する第2の状態量推定手段と、該第1又は第2の状態量検出手段の少なくとも一方の出力から、第3の状態量検出手段の出力の推定値を出力する第3の状態量推定手段とを有する状態量推定部と、前記第2、第3の各状態量検出手段の出力と該状態量推定部による夫々の推定値とを比較した夫々の比較結果の組合わせから前記状態量検出手段群のうちのどの検出手段が故障かを判定する判定手段とを具備してなる車両の制御装置（図1(a)）、車両の運動に関する状態量を検出しその状態量に基づき車両を制御する車両の制御装置であって、上記の状態量検出手段群を有すると共に、該状態量検出手段群における第2、第3の状態量検出手段の

3

うち一方の状態量検出手段の出力を、夫々その他の方の状態量検出手段の出力と第1の状態量検出手段の出力から推定する状態量推定部を有し、該第2、第3の状態量検出手段のいずれか一方が故障したときには、該状態量推定部の出力を当該故障した一方の状態量検出手段の出力の代わりを用いる故障補償手段を有する車両の制御装置(図1(h))である。

【0008】

【作用】請求項1記載の発明は、状態量検出手段群は車両の運動に関する状態量のうち、少なくとも3種の状態量を検出する第1、第2、第3の状態量検出手段を有し、状態量推定部の第2の状態量推定手段が第1の状態量検出手段の出力から第2の状態量検出手段の出力を推定し、第3の状態量推定手段が、第1又は第2の状態量検出手段の少なくとも一方の出力から第3の状態量検出手段の出力を推定し、故障判定手段が、第2、第3の状態量検出手段の出力と状態量推定部による夫々の推定値とを比較した夫々の比較結果の組合わせから状態量検出手段群のうちどの検出手段が故障かを判定する。これにより、状態量検出手段の故障判断を行うのに同種の検出手段を更に1以上設けなくても故障検出ができ、その分状態量検出手段にかかるコストを抑えられ、かつまた故障が生じた検出手段の特定ができる。

【0009】請求項2記載の発明によれば、状態量推定部は、第2、第3の状態量検出手段のうち一方の状態量検出手段の出力を、夫々その他の方の状態量検出手段の出力と第1の状態量検出手段の出力から推定し、第2、第3の状態量検出手段のいずれか一方が故障した際には、故障補償手段が、その故障した一方の状態量検出手段の出力に代えて状態量推定部の出力を用いる。これにより、第2、第3の状態量検出手段の故障時には、その推定値で継続して制御を続けることができる。

【0010】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基づき詳細に説明する。

【0011】図2は本発明の一実施例で、舵角制御システムに適用した場合を示す。図中1L,1Rは前輪、2L,2Rは後輪、3はステアリングホイールを夫々示す。前輪1L,1Rはステアリングホイールへの操舵入力により主操舵可能にすると共に、操舵機構中の前輪操舵用アクチュエータ4により主操舵に対し補助操舵を可能とする。また、後輪2L,2Rは補助操舵機構中の後輪操舵用アクチュエータ5により操舵可能とする。各アクチュエータ4,5の作動は、これを信号処理部6、制御演算部(舵角演算部)7、舵角制御部8の制御系9によって制御し、その信号処理部6には、車両の運動(平面運動)に関する状態量を示す情報を入力する。図示例では、ステアリングホイール3の操舵角 $\theta$ を検出する操舵角センサ10からの信号、前輪実舵角 $\delta$ を検出する前輪舵角(前輪実舵角)センサ11からの信号、後輪実舵角 $\delta$ を検出する後

4

輪舵角(後輪実舵角)センサ12(前後輪舵角センサ11,12を第1の状態量検出手段とする)からの信号、車両に作用するヨーレイト $d\phi/dt$ を検出するヨーレイトセンサ13(第2の状態量検出手段)からの信号、車両の横加速度 $a$ を検出する横加速度センサ14(第3の状態量検出手段)からの信号、及び車速 $V$ を検出する車速センサ15からの信号等を夫々入力する。ここに各センサはヨーレイトセンサ、横加速度センサ、前後輪舵角センサを含んで、図示の如く、夫々該状態量情報を検出するセンサとしては、1個ずつとしてある。

【0012】制御系9では、基本的には、次のようにして舵角制御を行う。即ち、各センサ10~15からの夫々の信号は信号処理部6において適宜フィルタリング、A/D変換を施され、信号処理後の各センサの出力に基づき制御演算部7が車両の制御のための前後輪の舵角演算を行い、舵角制御部8に対し指示舵角を出力し、これに応じ指示された舵角に実際の舵角が一致するように、舵角制御部8が前輪操舵用アクチュエータ4、後輪操舵用アクチュエータ5を制御する。

【0013】制御系9は、更に上記の各部に加えて、状態量推定部16と、故障検出部(故障判断部)17とを備える。信号処理部6での処理後の信号は、故障検出部17に与えられと共に、状態量推定部16に与えられる。信号処理部6から故障検出部17に入力される各センサ出力は、後述の状態量推定、故障推定による故障検知の対象となるセンサ系(状態量検出系)に異常がなく正常のときには制御演算部7の入力として用いて既述の如き舵角制御のための舵角演算に適用される。また、該当するセンサ系のものについては、故障判断のため状態量推定部16からの入力との比較に用いられる。状態量推定部16は、それへの入力信号と車両運動数学モデルに基づきセンサの出力を推定するもので、その推定値を上記故障検出部17の他方の入力として与える。

【0014】状態量推定部16と故障検出部17とを含んで構成される本発明に従う故障検出装置は、或るセンサの出力(検出対象状態量)を他の(異種の)センサの出力から推定し、かつセンサの出力(実センサ検出値)と比較することで同種のセンサを2個設けることなくセンサの故障検出を行なえるものであるが、本実施例では、車両の平面運動に関する状態量として前後輪舵角、ヨーレイト、横加速度を夫々検出する3種の対応センサ11,12,13,14を対象とし、上記状態量推定部16では、前輪実舵角 $\delta$ に相当する信号と、後輪実舵角 $\delta$ に相当する信号との信号処理部6からの入力に基づき、後述する方法で、前輪実舵角 $\delta$ と後輪実舵角 $\delta$ より、第2の状態量の推定手段にてヨーレイトと、第3の状態量の推定手段にて横加速度とを推定する。これらヨーレイト推定値、横加速度推定値と各センサ13,14の出力値を故障検出部17で比較することにより、故障検出部17は、前後輪舵角センサ、ヨーレイトセンサ、横加速度センサのう

5

ちのどのセンサが故障かを判定、特定する。

【0015】状態量推定部はまた、他の例では、上記に代えまたはこれと共に、ヨーレート $d\phi/dt$ より横加速度 $\alpha$ を推定し、横加速度 $\alpha$ よりヨーレート $d\phi/dt$ を推定する。斯く推定されるヨーレートからの横加速度推定値、横加速度からのヨーレート推定値も故障検出部へ比較情報として入力することができる。故障検出部17は、望ましくは、故障検出時、必要な故障補償（フェイルセーフ）を行う。その場合に、推定値を代替値として故障センサ系に用いることを含めることができる。

【0016】以下、状態量推定部16でのヨーレートと横

$$A_p = \begin{bmatrix} a_{p11} & a_{p12} \\ a_{p21} & a_{p22} \end{bmatrix}$$

$$c_p = [a_{p11}, a_{p12}]^T$$

を内容とする。

【0017】また、以下は次を内容とする。

$$x = [V \quad (1), \quad d\phi \quad (1)/dt]^T$$

$$u = [\delta \quad (1), \quad \delta \quad (1)]^T$$

$$y_1 = \alpha$$

$$a_{11} = -(2/m) \cdot (K + K)$$

$$a_{12} = -(2/m) \cdot (L \cdot K - L \cdot K) - V$$

$$a_{21} = -(2/IV) \cdot (L \cdot K - L \cdot K)$$

$$a_{22} = -(2/IV) \cdot (L \cdot K - L \cdot K)$$

$$b_{11} = (2/m) \cdot K \quad b_{12} = (2/m) \cdot K$$

$$b_{21} = (2/I) \cdot L \cdot K \quad b_{22} = -(2/I) \cdot L \cdot K$$

$$m: \text{車両質量} \quad I: \text{車両ヨー慣性モーメント}$$

$$K: \text{車両重心点前車輪間距離} \quad K: \text{車両重心点後車輪間距離}$$

$$V: \text{車速} \quad d\phi/dt: \text{車両のヨーレート}$$

$$V: \text{車両の横方向速度} \quad \alpha: \text{車両の横加速度}$$

$$\delta: \text{前輪実舵角} \quad \delta: \text{後輪実舵角}$$

【0018】操舵角を入力した場合、上記車両の平面運動に関する運動方程式は上述の如くに表され、前後輪の舵角 $\delta$ 、 $\delta$ からヨーレート $d\phi/dt$ と、横加速度 $\alpha$ を推定する場合、推定部16では下記（式4）数2

【数2】

$$dx_{ps}(t)/dt = A_p \cdot x_{ps}(t) + B_p \cdot u_p(t) \quad (4)$$

（式5）数3

【式3】

$$y_{ps}(t) = \begin{bmatrix} c_{p1} \\ 0, 1 \end{bmatrix} \cdot x_{ps}(t) + B_p \cdot u_p(t) \quad (5)$$

を用いてこれを行う。

【0019】ここで、

$$x_{ps} = [V_{ps}(t), d\phi_{ps}(t)/dt]^T$$

$$y_{ps} = [\alpha_{ps}, d\phi_{ps}(t)/dt]$$

6

\* 加速度の推定、故障検出部17におけるセンサ故障の推定の各内容について、更に具体的に説明する。まず、前後輪舵角センサ11,12の出力である舵角 $\delta$ 、 $\delta$ からのヨーレートセンサ13及び横加速度センサ14の各出力についての推定値を求める方法について述べる。車両が前後輪の舵角を制御する4WS車両の場合、車両の運動方程式は、次式で表される。

$$dx \quad (1)/dt = A \cdot x \quad (1) + B \cdot u \quad (1) \quad (1)$$

$$y_1 \quad (1) = c_1 \cdot x \quad (1) + d \cdot u \quad (1) \quad (2)$$

ここで、上記A等は夫々下記（式3）数1

【数1】

$$B_p = \begin{bmatrix} b_{p11} & b_{p12} \\ b_{p21} & b_{p22} \end{bmatrix}$$

$$d_p = [b_{p11}, b_{p12}] \quad (3)$$

である。

【0020】図3には、上記に基づいてヨーレート推定値 $d\phi_{ps}(1)/dt$ 、横加速度推定値 $\alpha_{ps}$ を求めるための演算ブロック図の一例が示されている。

20

【0021】以上の演算により、ヨーレート $d\phi/dt$ 、及び横加速度 $\alpha$ の夫々について、次の2種の情報が得られる。即ち、ヨーレートについては、センサ13の出力 $d\phi/dt$ 値と、前後輪の舵角 $\delta$ 、 $\delta$ から推定された結果（推定値 $d\phi_{ps}(1)/dt$ ）との2種類のものが、また横加速度については、センサ14の出力 $\alpha$ 値と、前後輪の舵角 $\delta$ 、 $\delta$ から推定された結果（推定値 $\alpha_{ps}$ ）との2種類のものが、夫々得られる。故障検出部17では、これらの値により、ヨーレートセンサ13、横加速度センサ14、前後輪舵角センサ11,12の故障を推定する。

30

【0022】該故障推定は、次のような観点から、夫々の故障のケース（ケース1の1～1の3）につきこれを行うことができる。

【0023】ケース1の1：ヨーレートセンサの故障かかる場合、前後輪舵角センサが故障でなければ、それらの検出値を基に推定して得た各推定値 $d\phi_{ps}(1)/dt$ 、 $\alpha_{ps}$ も正常であるとき、よって次のように異常、正常に分けることができる。

出力が異常なもの

40

(イ) ヨーレートセンサ

出力が正常なもの

(ハ) 横加速度センサ

(ニ) 前後輪舵角センサ

(ヘ) 前後輪舵角により推定されたヨーレート

(ト) 前後輪舵角により推定された横加速度

【0024】ケース1の2：横加速度センサの故障上記に準じ、この場合は次のようになる。

出力が異常なもの

(イ) 横加速度センサ

50

出力が正常なもの

(ハ) ヨーレイトセンサ

(ニ) 前後輪舵角センサ

(ヘ) 前後輪舵角により推定されたヨーレイト

(ト) 前後輪舵角により推定された横加速度

【0025】 ケース1の3: 前後輪舵角センサのいずれか一方、または両方の故障の場合は、推定値は正しいものは得られないことから次のように分けることができる。

出力が異常なもの

(イ) 前後輪舵角センサのいずれか一方、または両方

(ロ) 前後輪舵角により推定されたヨーレイト

表1

\* (ハ) 前後輪舵角により推定された横加速度

出力が正常なもの

(ヘ) ヨーレイトセンサ

(ト) 横加速度センサ

【0026】 以上の各ケースでのセンサの異常に対する出力の様子を示したものが下記の表1である。センサ故障と各出力との関係を示す該表において、NGは異常、OKは正常を意味する（後記する他の表においても同様である）。

【0027】

故障したセンサ 出力	ヨーレイト センサ	横加速度 センサ	前後輪舵角 センサ
ヨーレイトセンサ 出力値 $d\phi/dt$	NG	OK	OK
前後輪舵角からの ヨーレイト推定値 $d\phi_{02}/dt$	OK	OK	NG
横加速度センサ出力値 $\alpha$	OK	NG	OK
前後輪舵角からの 横加速度推定値 $\alpha_{02}$	OK	OK	NG
前後輪舵角センサ 出力値 $\delta_1, \delta_r$	OK	OK	NG

【0028】

以上の結果より、次のことがいえる。即ち、

 $d\phi/dt \neq d\phi_{02}/dt$  かつ  $\alpha \neq \alpha_{02}$ 

ならば、ヨーレイトセンサの故障であり、

 $d\phi/dt = d\phi_{02}/dt$  かつ  $\alpha \neq \alpha_{02}$ 

ならば、横加速度センサの故障であり、

 $d\phi/dt \neq d\phi_{02}/dt$  かつ  $\alpha \neq \alpha_{02}$ 

ならば、前後輪舵角センサのいずれか一方、または両方が故障である、と判断することができる。なお、上記の判断において、不一致、更には一致の判定については、誤差を考慮して、一定の許容量を設定するのが望ましく、例えば  $d\phi/dt \neq d\phi_{02}/dt$  のケースでいえば、両者の差（偏差）が予め定めた所定値以上のときに一致してないと判定するのがよい。

【0029】 図4は、故障検出部17において上述の故障診断を行うためのフローチャートの一例を示し、まず、ヨーレイトセンサ13の出力値  $d\phi/dt$  と前述のヨーレイト推定値  $d\phi_{02}/dt$  とを比較し両者が等しいかをチェックし（ステップ41）、等しければ更に横加速度センサ14

の出力値  $\alpha$  と前述の横加速度推定値  $\alpha_{02}$  とを比較し両者が等しいかをチェックする（ステップ42）。そして、ここでセンサ出力値  $\alpha$  と推定値  $\alpha_{02}$  とが等しければ異常なしとみなし（ステップ43）、等しくなければ横加速度センサ14が異常で故障していると判断することとする（ステップ44）。なお、上記の各チェックで、偏差が所定値未満かどうかで一致、不一致の判断を行なえることについては既に述べた通りである。この点については後述のステップ45、及び他の実施例の場合でも同様である。

【0030】 上述の処理は、前述したケース分け、並びに表1に示されるように、ケース1の2に該当するかどうかをチェックしていることになる。

【0031】 一方、ヨーレイトセンサ出力値  $d\phi/dt$  とヨーレイト推定値  $d\phi_{02}/dt$  とが等しくないときには、前記ケース1の1とケース1の3の場合が予想される（同ケース1の1における（イ）、（ハ）の異常、正常の組み合わせと、同ケース1の3における（ロ）、（ヘ）の異常、正常の組み合わせとの2組の可能性がある）。そこで、いずれが原因で不一致となっているかを

みるために、前記と同様の横加速度センサ出力値 $\alpha$ と横加速度推定値 $\alpha_{02}$ との比較チェックを行う(ステップ45)こととする(これは、基本的には、もし、前後輪舵角センサ系が正常なら、ヨーレートと同様に該センサ系出力を基にその推定値を得ている横加速度情報は、センサ出力値 $\alpha$ と推定値 $\alpha_{02}$ とが一致し、もし、前後輪舵角センサ系が異常なら、同時に、センサ出力値 $\alpha$ と推定値 $\alpha_{02}$ との間でも不一致の状態が生ずることになるという考え方に基づくものである)。そして、その結果、等しいと判定されたときは、前記ケース1の1に該当するとして、ヨーレートセンサ13が異常で当該センサ自体の故障と判断する(ステップ46)。他方、等しくなければ、本プログラム例では、センサ出力値と推定値との不一致(この場合は、ヨーレートについても、横加速度についても、いずれも不一致の状態)の原因は、推定のための情報を得る前後輪舵角センサ系側にあるとみて、即ち前記ケース1の3に該当するものとみなして、前後輪舵角センサ系の異常、故障であるとすることとする(ステップ47)。こうして舵角センサ系の故障もみれる利点がある。

【0032】図5～図9は、上述の故障検出のシミュレーション結果の一例を示す。シミュレーションは、時刻0でステップ状に46°の操舵角を考えた仮定した条件下でなされており、図5は前後輪舵角センサ11、12、ヨーレートセンサ13、横加速度センサ14が正常な場合の結果を、図6はヨーレートセンサ13が故障したときの各センサ出力、及び各推定値等の結果を、図7は横加速度センサ14が故障したときの同様の結果を、図8は前後輪舵角センサが故障したときの同様の結果を、図9は後輪舵角センサが故障したときの同様の結果を、夫々示す。図5をみると、正常時には、同図(a)～(d)の前後輪舵角、後輪舵角、ヨーレート、横加速度は、夫々の真値((a)～(d)の各(i))に対しセンサ出力が夫々各図(c)のように変化し、かつ、前後輪舵角 $\delta$ 、 $\delta$ (センサ出力)からのヨーレート推定値 $d\phi_{02}/dt$ (c)の(v)、及び横加速度推定値 $\alpha_{02}$ (d)の(v))は、夫々(c)の(v)、及び(d)の(v))と同様の挙動を呈する結果が示されている。なお、上記から、操舵前の直進走行では、いずれも値0.0を示すことも分かる。

【0033】これに対し、例えば、図6に示すヨーレートセンサ故障時(ステップ検出後0.8秒以降)の場合、センサ出力の図示の如き故障態様での変化後の故障状態では、ヨーレートセンサ出力 $d\phi/dt$ とヨーレート推定値 $d\phi_{02}/dt$ とは同図(c)の(v)と(v))のように一致せず、他方、横加速度センサ出力 $\alpha$ と横加速度推定値 $\alpha_{02}$ とは0.8秒以降も前記図5の正常時の場合と同じ状態で推移していることが示されている。従って、前記のヨーレート、横加速度についての2条件、即ち、 $d\phi/dt \neq d\phi_{02}/dt$ 、及び $\alpha = \alpha_{02}$ が成立しており、夫々

の推定値とセンサ出力との比較判断によって、この場合はヨーレートセンサ13の故障と判定でき、的確に故障センサの特定をすることもできることが分かる。

【0034】他の故障時のシミュレーション結果を示す図7～図9の場合についても、上記に準じて同様に説明することができる。このうち、舵角センサ系、例えば図8の前後輪舵角センサ11故障時の場合を例にとりて、更に簡単に説明すれば、故障発生後、(0.8秒以降)は、同図(c)の(v)と(v))、及び(d)の(v)と(v))のように、センサ出力 $d\phi/dt$ と推定値 $d\phi_{02}/dt$ 、センサ出力 $\alpha$ と推定値 $\alpha_{02}$ は、いずれも一致せず、従ってそれらの比較判断で前記の $d\phi/dt \neq d\phi_{02}/dt$ かつ $\alpha = \alpha_{02}$ なる結果が得られる状態であることが示されている。よって、上記シミュレーション結果からも、この場合には、舵角センサ系の故障、より詳しくは前後輪舵角センサ11の故障と判断することができることが分かる。

【0035】以上のように、本実施例によれば、車速センサ15の出力と前後輪舵角センサ11、12の出力から、少なくともヨーレートセンサ13と横加速度センサ14との2種のセンサ出力を推定して推定値 $d\phi_{02}/dt$ 、推定値 $\alpha_{02}$ を得、かつ夫々の推定値と各対応するセンサ出力を用いて、夫々の比較を行うことにより、夫々の比較結果の組合わせから前後輪舵角センサ、ヨーレートセンサ、横加速度センサについての故障判断を適切に行うことができるので、それらの故障検出をするために夫々同様のセンサを2個設けるなどする必要がない。従って、前後輪舵角、ヨーレート、横加速度の各情報を検出するセンサとして夫々単一のセンサを使用することで済むだけ制御システムのコストを抑え、低廉なものとすることができる。

【0036】また、同様のセンサを2個設けずに、例えば舵角センサとヨーレートセンサを有する制御システムにおいて、舵角センサの出力値が0であるにもかかわらず、ヨーレートセンサの出力値が0でないとき、故障と判断することも考えられるが、しかしかかる手法によるときは、故障態様等によっては、どちらの故障か判定できない場合も生じる。

【0037】即ち、上記のものは、非操舵状態では両センサの出力値はともに0で、舵角センサが正常なら、その出力値が0を示す状態(中立位置)のときにヨーレートセンサの出力値も0を示すはずなのに、0でない場合はヨーレートセンサの故障とするという考え方に基礎を置いているが、舵角センサ出力値=0、ヨーレートセンサ出力値 $\neq 0$ という状態は、次のようなときに出現する場合もある。即ち、舵角センサ自体が異常であって、しかも、非操舵時でも操舵時でもその出力値は0を示す一方、ヨーレートセンサは異常ではなく正常にヨーレートを検出してそれに対応する出力値を示すという場合である。従って、このような点からみると、たとえ、いずれも1個ずつのセンサの使用でよくても、故障診断のため

の情報としてセンサ出力値自体の相互の関係をみて故障検知を行わんとする上述の手法では、不十分である。舵角センサが正常でヨーレートセンサが異常の状態と、舵角センサが異常でヨーレートセンサが正常の状態とを区別することはできず、よって舵角センサ系とヨーレートセンサ系のどちらが故障なのか故障センサの特定ができない。

【0038】上記のことは、舵角センサの出力値が0であるにもかかわらず、横加速度センサの出力値が0でないとき故障と判断するものについても同様のことがいえる。

【0039】これに対し、本実施例では、既述の如く、少なくとも2つの推定値  $d\phi_{s2}/d1$ 、 $\alpha_{s2}$  を用いるものであって、推定値  $d\phi_{s2}/d1$ 、 $\alpha_{s2}$  と各対応センサ出力  $d\phi/d1$ 、 $\alpha$  との比較で故障判断を行うようにしており、2個ずつセンサを設けることがないよ、ヨーレートセンサ、横加速度センサ、前後輪舵角センサのどれが異常かを適切に区別して故障判定をすることができ、故障が生じたセンサの特定ができるのである。

【0040】また、故障検出時には、故障検出部17は警告と故障補償を行う。即ち、上記のいずれかのセンサの出力値の故障が検出されたときには、該当センサが故障である旨を表示器に表示するなどする。一方、更に、故障センサがヨーレートセンサ13、横加速度センサ14である場合には、そのセンサ出力値に代えて上記の推定値の出力を用いるようにし、こうすることによって、故障発生時でもほぼ正確な制御を行わせることができる。従って、この場合の推定値  $d\phi_{s2}/d1$  及び推定値  $\alpha_{s2}$  は、故障診断のための情報であると共に、故障が発生した際にはその  $d\phi_{s2}/d1$  値、 $\alpha_{s2}$  値がそのまま代替値として利用できるという性質の情報でもあるのである。それ故、かかる点においても、両種のセンサを2個配して故障検出を行う構成のものに比べても、更に前記の手法による場合のものに比べても、優れている。

【0041】なお、上記で前後輪舵角センサ系の故障と判断された場合は、本実施例では、特にそれについての推定値は求めていないことから、舵角制御はこれを中止して通常の2WSとすればよい。

【0042】図10に示すものは、上記実施例に係る変形例の一つであって、横加速度をヨーレートから推定した場合における故障診断のためのフローチャートの一例である。即ち、上記第1実施例で横加速度の推定につき、これを前後輪舵角から行ったものを、ヨーレートから行うよう替えたものである。図10において、ステップ41〜ステップ45は夫々前図4と同様の処理を行うステップである。ステップ45での比較チェックの結果、答がYesで等しいと判定されたときは、ステップ46aで前後輪舵角センサ系の異常、故障であると判断し、また答がNoで不一致なら、ステップ47aでヨーレートセンサ13の異常、故障と判断することとする。このように、前後輪舵

角センサ11、12の出力からヨーレートセンサ出力を推定し、またヨーレートセンサ13の出力から横加速度センサ出力を推定し、夫々の推定値と各対応センサの出力とを比較した結果の組合せから、前後輪舵角センサ、ヨーレートセンサ、横加速度センサについての故障判断を行うこともでき、上記実施例と同様の作用効果を奏し得る。

【0043】更に、他の変形例の一つとして、ヨーレートの推定につきこれを横加速度から行うようにしてもよい。

【0044】次に、本発明の他の例について説明すると、以下に述べるものは、更に推定値を夫々1つ追加し、夫々2つの推定値を得て、センサの故障の推定を行う。

【0045】即ち、本実施例では、状態量推定部16では、前記ヨーレート推定値  $d\phi_{s2}/d1$ 、横加速度推定値  $\alpha_{s2}$  の他、ヨーレート  $d\phi/d1$  より横加速度を推定し、横加速度  $\alpha$  よりヨーレートを推定し、故障検出部17では、これらの推定値とセンサ出力とを用い、比較判断によりセンサの故障検出を行う。横加速度センサ14からのヨーレートの推定、ヨーレートセンサ13からの横加速度の推定について、夫々次の方法により行うものとする。

【0046】即ち、横加速度  $\alpha$  からヨーレート  $d\phi/d1$  を推定する方法としては、同一次元オブザーバを用い、以下の手順により行う。

【0047】手順1：下記(式6)数4

【数4】

$$\begin{aligned} \hat{A} &= A^T = \begin{bmatrix} a_{111} & a_{211} \\ a_{112} & a_{212} \end{bmatrix} \\ \hat{b} &= b_1^T = \begin{bmatrix} c_{111} \\ c_{112} \end{bmatrix} \\ det \begin{vmatrix} sI - \hat{A} \end{vmatrix} &= S^2 - (a_{111} + ib_{212})S + (a_{111}a_{212} - a_{112}a_{211}) \\ &= S^2 + a_0S + a_1 \\ T &= [\hat{A} \hat{b} - b] \cdot \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{bmatrix} \quad \text{---(6)} \end{aligned}$$

により可制御正準変換行列Tを求める。

【0048】手順2：次式のように、オブザーバの設定極  $\gamma_1$ 、 $\gamma_2$  を任意に定め、オブザーバのゲインベクトル  $k$  を求める。

$$\begin{aligned} (S + \gamma_1)(S + \gamma_2) &= S^2 + (\gamma_1 + \gamma_2)S + \gamma_1 \cdot \gamma_2 \\ &= S^2 + d_2S + d_1 \end{aligned}$$

$$k^T = [d_1 - a_1, d_2 - a_2] T^{-1}$$

【0049】手順3：オブザーバのシステムマトリックスを下記(式7)数5

【数5】

$$\hat{A}_0 = A_0 - k \cdot c_{01} \quad \text{---(7)}$$

により求め、しかして下記(式8)数6

【数6】



13

$$dx_s/dt = \hat{A}_s \cdot \hat{x}_s + k(y_s - d_s \cdot u_s) + B_s \cdot u_s \quad \text{---(8)}$$

(式9) 数7

【数7】

$$d\phi_{s1}/dt = [0, 1] \cdot dx_s/dt \quad \text{---(9)}$$

の如く同一次元オブザーバを構成してヨーレート推定値  $d\phi_{s1}/dt$  を求める。

【0050】次にヨーレート  $d\phi/dt$  から横加速度推定値  $\alpha_{s1}$  を推定するために、横速度  $V$  を推定する。その方法として、最小次元オブザーバの手法を用いる。ただし、前記式2の代わりに次式10を用いる。

$$[0051] \quad y_z = C_{z2} \cdot x \quad *$$

$$SA_z = S^{-1} = \begin{bmatrix} a_{z11} & a_{z12} \\ a_{z21} & a_{z22} \end{bmatrix}$$

を計算する。

【0054】手順3：下記(式13) 数10

【数10】

$$\hat{a} = a_{z1} \cdot j + a_{z2} \quad \text{---(13)}$$

の固有値を希望の値  $\gamma$  とするよう  $j$  を決定する。

【0055】手順4：上記で  $j$  が決定されたら、下記(式14) 数11

【数11】

$$k = \hat{a} \cdot j + a_{z2} - a_{z1}$$

$$\hat{b} = j \cdot b_1 + b_2$$

$$d = S^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$h = S^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$$

$$d\omega/dt = \hat{b} \cdot \omega + k \cdot y_{s2} + \hat{b} \cdot u_s$$

$$\hat{x} = d \cdot \omega + h \cdot y_{s2}$$

$$\alpha_{s1} = C_{s1} \cdot \hat{x} + d_{s1} \cdot u_s \quad \text{---(14)}$$

の値を夫々求めて横加速度推定値  $\alpha_{s1}$  を求める。

【0056】図11には、上記手法に基づき状態量推定部18においてヨーレート推定値  $d\phi_{s1}/dt$ 、横加速度推定値  $\alpha_{s1}$  を求めるための演算ブロック図の一例が示されている。なお、前後輪の舵角  $\delta$ 、 $\delta$  からのヨーレート及び横加速度の各推定値  $d\phi_{s2}/dt$ 、 $\alpha_{s2}$  については、前記実施例と同様、前述の式4、式5を用い、前記図3によりこれを求めるものとする。

【0057】以上の演算により、本実施例では、ヨーレートについては、センサ13の出力  $d\phi/dt$  値と、最小次元オブザーバの演算結果(推定値  $d\phi_{s1}/dt$ )と、前後輪の舵角から推定された結果(推定値  $d\phi_{s2}/dt$ )との3種類のものが得られ、また横加速度についても、センサ14の出力  $\alpha$  値と、同一次元オブザーバの演算結果(推定値  $\alpha_{s1}$ )と、前後輪の舵角から推定された結果(推定

14

$$*y_z = [d\phi/dt] \quad \text{---(10)}$$

$$C_z = [0, 1]$$

【0052】手順1：まず、下記(式11) 数8  
【数8】

$$S = \begin{bmatrix} C_{z2} \\ W \end{bmatrix} \quad \text{---(11)}$$

10 に示すSの行列式が0にならないようにWを適当に求める。

【0053】手順2：下記(式12) 数9

【数9】

$$SB_z = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \quad \text{---(12)}$$

値  $\alpha_{s2}$ ) との3種類のものが得られることとなり、これらの値により、ヨーレートセンサ13、横加速度センサ14、前後輪舵角センサ11,12の故障を推定する。故障推定は、本実施例の場合、次のようなケース(ケース2の1~2の3)に分けて行うことができる。

【0058】ケース2の1：ヨーレートセンサの故障

出力が異常なもの

(イ) ヨーレートセンサ

(ロ) 最小次元オブザーバにより推定された横加速度

出力が正常なもの

(ハ) 横加速度センサ

(ニ) 前後輪舵角センサ

(ホ) 同一次元オブザーバにより推定されたヨーレート

30 (ヘ) 前後輪舵角により推定されたヨーレート

(ト) 前後輪舵角により推定された横加速度

【0059】ケース2の2：横加速度センサの故障

出力が異常なもの

(イ) 横加速度センサ

(ロ) 同一次元オブザーバにより推定されたヨーレート

出力が正常なもの

(ハ) ヨーレートセンサ

(ニ) 前後輪舵角センサ

(ホ) 最小次元オブザーバにより推定された横加速度

40 (ヘ) 前後輪舵角により推定されたヨーレート

(ト) 前後輪舵角により推定された横加速度

【0060】ケース2の3：前後輪舵角センサのいずれ

か一方、または両方の故障出力が異常なもの

(イ) 前後輪舵角センサのいずれか一方、または両方

(ロ) 前後輪舵角により推定されたヨーレート

(ハ) 前後輪舵角により推定された横加速度

(ニ) 最小次元オブザーバにより推定された横加速度

(ホ) 同一次元オブザーバにより推定されたヨーレート

出力が正常なもの

50 (ヘ) ヨーレートセンサ

(ト) 横加速度センサ

\* 様子を表2に示す。

【0061】本実施例でのセンサの異常に対する出力の\*

【0062】

表2

故障したセンサ 出力	ヨーレイト センサ	横加速度 センサ	前後輪舵角 センサ
ヨーレイトセンサ 出力値 $d\phi/dt$	NG	OK	OK
同一次元オブザーバによる ヨーレイト推定値 $d\phi_{01}/dt$	OK	NG	NG
前後輪舵角からの ヨーレイト推定値 $d\phi_{02}/dt$	OK	OK	NG
横加速度センサ出力値 $\alpha$	OK	NG	OK
最小次元オブザーバによる 横加速度推定値 $\alpha_{01}$	NG	OK	NG
前後輪舵角からの 横加速度推定値 $\alpha_{02}$	OK	OK	NG
前後輪舵角センサ 出力値 $\delta_1, \delta_2$	OK	OK	NG

【0063】上記結果より、次のように判断することができる。即ち、 $d\phi/dt \neq d\phi_{01}/dt = d\phi_{02}/dt$ かつ $\alpha_{01} \neq \alpha = \alpha_{02}$ ならば、ヨーレイトセンサの故障であり、  
 $d\phi_{01}/dt \neq d\phi/dt = d\phi_{02}/dt$ かつ $\alpha \neq \alpha_{01} = \alpha_{02}$ ならば、横加速度センサの故障であり、  
 $d\phi/dt \neq d\phi_{01}/dt \neq d\phi_{02}/dt$ かつ $\alpha \neq \alpha_{01} \neq \alpha_{02}$ ならば、前後輪舵角センサのいずれか一方、または両方の故障である、と判断できる。

【0064】図12～図16は、ステップ状に45°の操舵角を与えた時の本実施例でのシミュレーション結果の一例を示す。図12は全センサが正常な時の結果を示し、また図13は操舵後0.8秒後にヨーレイトセンサ13が故障したときの各センサ出力、及び各推定値の結果を、図14は同じく横加速度センサ16が故障したときの結果を、図15は同じく前後輪舵角センサ11が故障したときの結果を、図16は同じく後輪舵角センサ12が故障したときの結果を、夫々示しており、該当センサ故障時に表2、あるいは上述した関係が成り立つことが分かる。

【0065】本実施例は、前記実施例と比べて故障診断をより適切に行うことができる。例えば、凍結路での操舵時のような場合を考えると、センサに故障が生じていないのに、回頭性過剰（スピン状態）など車両の状況によっては、故障と判断してしまう誤判断の可能性があ

る。これに対し、ヨーレイト及び横加速度につき夫々2種の推定値  $d\phi_{01}/dt$ ,  $d\phi_{02}/dt$ ,  $\alpha_{01}$ ,  $\alpha_{02}$  (図12～図16の各(c), (d) の (ハ)、(ニ)) を用いる場合には、実センサ出力とそれら2種の推定値の3者間の比較判断で故障診断を行う結果、上述のような車両状況による場合のものと区別をつけることもできるようになる。

【0066】ヨーレイトセンサ故障のパターンを例にとつていえば、前記実施例の場合に、 $d\phi/dt \neq d\phi_{02}/dt$ かつ $\alpha = \alpha_{02}$ のパターンがもし車両挙動に起因して生ずるものであれば、そのパターンだけではヨーレイトセンサ故障との区別はできないことになるが、本実施例では、更に、これに加えて、 $d\phi/dt \neq d\phi_{01}/dt$ ,  $\alpha \neq \alpha_{01}$  (従つて $\alpha_{01} \neq \alpha_{02}$ ) の成立の有無についてもチェックしている（ここでは、 $d\phi_{01}/dt = d\phi_{02}/dt$ の成立の有無もチェックしている）。ここで、仮に、ヨーレイトセンサが故障ではなく、また前後輪舵角センサ及び横加速度センサも故障ではないのに、車両挙動に起因して $d\phi/dt \neq d\phi_{02}/dt$ の不一致が生じているとすれば、そのとき、正常なヨーレイトセンサ出力値  $d\phi/dt$  と正常な横加速度センサからの推定値  $d\phi_{01}/dt$  との間、及び正常な横加速度センサ出力値  $\alpha$  と正常なヨーレイトセンサからの推定値  $\alpha_{01}$  との間でも、同時に不一致が生ずる可能性は少ないといえる。こう考えた場合にお

17

いて、それにもかかわらず、 $d\phi/dt \neq d\phi_{01}/dt$ 、 $\alpha \neq \alpha_{01}$ が成立するということは、この場合には、その不一致の原因は値  $d\phi/dt$ 、値  $\alpha_{01}$ 、則、従ってヨーレイトセンサの故障によるものと判断することができる（また、横加速センサ、及び前後輪舵角センサが正常である点については、 $\alpha = \alpha_{01}$ 、更には  $d\phi_{01}/dt = d\phi_{02}/dt$ によってみる事ができる）。従って、上記例では、ヨーレイトセンサが故障でないのに、誤って故障と判断してしまう誤判断を避けることもできることになる。

【0067】本実施例に従えば、上述のような構成により、前記実施例と同様、車両の制御を行うために必要な状態量が増加しても、センサの増加によるコスト増加を最小限に抑えることができると共に、故障が生じたセンサの特定ができる他、更に故障診断をより適切なものに行うことができる。

【0068】次に本発明の更に他の例について説明する。本実施例は、前記の第2実施例によるものの拡張に係り、特にヨーレイトセンサ、横加速センサについての故障判断を行うと共に、それら故障時の補償をより正確かつ適切なものとする。

【0069】図17は本実施例での制御システム図で、図示例では、操舵角センサ、前輪実舵角センサ、後輪実舵角センサ、及び車速センサについては、夫々符号10a、10b、11a、11b、12a、12b、15a、15bの如く同種のセンサを2個配置する一方、故障検知の対象となるヨーレイトセンサ13、及び横加速センサ14については、それらを1個ずつ設ける構成としてある。状態量推定部16では、前記第2実施例と同様に、ヨーレイトについてヨーレイト推定値  $d\phi_{01}/dt$  とヨーレイト推定値  $d\phi_{01}/dt$  との2つの推定値を得ると共に、横加速について横加速推定値  $\alpha_{01}$  と横加速推定値  $\alpha_{01}$  との2つの推定値を

18

得、これらを故障検出部（故障判断部）17に入力する。各推定値を求める方法は、前記図3、図11(a)、(b)の演算ブロックを含んで既述したものと同様であってもよい。

【0070】故障検出部（故障判断部）17では、ヨーレイト及び横加速については、それら各センサ13、14の出力を、または該各センサ13、14のいずれか一方が故障した際にはその特定された故障センサに応じてセンサ出力の推定値を、制御演算部（舵角演算部）7に入力する。ヨーレイトセンサ13の故障判断、横加速センサ14の故障判断については、前記第2実施例で述べたパターンで行ってよい。制御演算部17は、同様に、ヨーレイト及び横加速については、夫々のセンサ出力自体、または該当するときは代替値として適用されるセンサ出力の推定値を用いて前後の舵角演算を行う。

【0071】本実施例は、このように、夫々単一のセンサとして設けられるヨーレイトセンサ、横加速センサの故障を対象とし、かつ、それらのどちらか一方の故障と判断されたときには、状態量推定部16で得られているその推定値を、当該故障した一方のセンサの出力の代わりに用いて制御を続行させるものとする。ヨーレイトセンサ、横加速センサの故障推定は、ヨーレイトについての  $d\phi/dt$  値、 $d\phi_{01}/dt$  値、 $d\phi_{02}/dt$  値、及び横加速についての  $\alpha$  値、 $\alpha_{01}$  値、 $\alpha_{02}$  値を用い、前記第2実施例で述べたケース2の1の(i)～(t)（ヨーレイトセンサの故障）と、同ケース2の2の(i)～(t)（横加速センサの故障）に従って行うことができ、その結果を示すと、表3のようなセンサ故障と各出力の関係となる。

【0072】

表 3

故障したセンサ 出力	ヨーレイト センサ	横加速度 センサ
ヨーレイトセンサ 出力値 $d\phi/dt$	NG	OK
同一次元オブザーバによる ヨーレイト推定値 $d\phi_{e1}/dt$	OK	NG
前後輪舵角からの ヨーレイト推定値 $d\phi_{e2}/dt$	OK	OK
横加速度センサ出力値 $\alpha$	OK	NG
最小次元オブザーバによる 横加速度推定値 $\alpha_{e1}$	NG	OK
前後輪舵角からの 横加速度推定値 $\alpha_{e2}$	OK	OK

【0073】以上より、ヨーレイトセンサ13の故障、横  
加速度センサ14の故障に関しては、 $d\phi/dt \neq d\phi_{e1}/dt$   
 $= d\phi_{e2}/dt$  かつ  $\alpha_{e1} \neq \alpha = \alpha_{e2}$  ならば、ヨーレイト  
センサの故障と判断でき、しかも、この場合は、以後、  
ヨーレイトセンサの出力の代わりに上記  $d\phi_{e1}/dt$  値ま  
たは  $d\phi_{e2}/dt$  値を用いて舵角演算を行う。また、 $d\phi$   
 $e1/dt \neq d\phi/dt = d\phi_{e2}/dt$  かつ  $\alpha \neq \alpha_{e1} = \alpha_{e2}$  なら  
ば、横加速度センサの故障と判断でき、この場合は、以  
後、横加速度センサの出力の代わりに上記  $\alpha_{e1}$  値または  
 $\alpha_{e2}$  値を用いて舵角演算を行う。上記条件で故障診断と  
故障補償とを行うと、例えばヨーレイトセンサ故障の場  
合は、代替値としては推定値  $d\phi_{e1}/dt$  と推定値  $d\phi_{e2}$   
 $/dt$  が一致した条件 ( $d\phi_{e1}/dt = d\phi_{e2}/dt$ ) の下で  
それが適用される結果、前記の第1実施例で触れた故障  
補償の場合よりも、代替値としてより正しい値のもの  
を用いることができるようになり、精度を高めることが  
できる。この点については、横加速度センサ故障の場合も  
同様であって、 $\alpha_{e1} = \alpha_{e2}$  が成立する条件下での  $\alpha_{e1}$  値  
または  $\alpha_{e2}$  値を代替値として用いて正確な舵角制御を継  
続させることが可能である。

【0074】図18は、本実施例に従い故障検出部17にお  
いて実行されるヨーレイトセンサ及び横加速度センサに  
ついての故障補償処理を含む簡便な故障診断プログラ  
ムの一例を示すフローチャートである。本プログラムで  
は、まず、ヨーレイトセンサ13の出力値  $d\phi/dt$  と同  
次元オブザーバによるヨーレイト推定値  $d\phi_{e1}/dt$  とが  
等しいか否かをチェックし (ステップ51)、 $d\phi/dt = d$   
 $\phi_{e1}/dt$  であれば更に、横加速度センサ14の出力値  $\alpha$  と

最小次元オブザーバによる横加速度推定値  $\alpha_{e1}$  とが等  
しいか否かをチェックし (ステップ52)、結果、 $\alpha = \alpha_{e1}$   
であれば正常と判断する (ステップ53)。

【0075】本実施例によった場合のシミュレーション  
結果も、前記第2実施例で示したシミュレーション結果  
と同様であって、センサ正常な時の結果は前記図12に  
示すものと、ヨーレイトセンサが故障した時の結果は前  
記図13に示すものと、また横加速度センサが故障した  
時の結果は前記図14に示すものと、夫々同一である。こ  
で、これらにおける特にヨーレイト及び横加速度の夫  
々についてのセンサ出力  $d\phi/dt$ 、センサ出力  $\alpha$  と、前  
記ステップ51, 52 で適用した推定値  $d\phi_{e1}/dt$ 、推定値  $\alpha$   
 $e1$  との関係に着目すると、正常時には、図12(c), (d)  
の各 (□), (△) に示す如く、 $d\phi/dt = d\phi_{e1}/dt$ 、  
 $\alpha = \alpha_{e1}$  が成立し、従ってかかる場合に正常と判断す  
るものである。車両の状態量を検出する少なくとも2種  
の状態量検出手段としてのヨーレイトセンサ13、横加速  
度センサ14を夫々単一のセンサとして有し、それらセン  
サの一方の出力を、他方のセンサの出力と、舵角と、車  
速から推定する構成の場合には、夫々センサの出力を他  
方のセンサの出力を基に相互に推定することになり、そ  
れ故、かかる相互推定値たる  $d\phi_{e1}/dt$ 、 $\alpha_{e1}$  とセンサ出  
力値  $d\phi/dt$ 、 $\alpha$  間で上述の関係が成立すれば (後述も  
するが、図13(c), (d) 及び図14(c), (d) の各 (□),  
(△) にみられるように、相互推定に係るセンサのい  
ずれかに故障が発生すれば、それがいずれであっても上  
記関係は成立しない)、ヨーレイトセンサ13と横加速  
度センサ14に関し、センサ故障は生じていないとみるこ  
とが

できる。

【0076】ステップ52で横加速度センサ出力値 $\alpha$ と推定値 $\alpha_{est}$ とが等しくないときは、システム異常と判断する(ステップ54)。即ち、 $d\phi/dt = d\phi_{est}/dt$ かつ $\alpha \neq \alpha_{est}$ の場合であるが、このような場合は、ヨーレートセンサ13、横加速度センサ4がともに正常であるという状態でもないし、他方、図13及び図14に示されるように、どちらのセンサ故障のときでもそのときは $d\phi/dt \neq d\phi_{est}/dt$ かつ $\alpha \neq \alpha_{est}$ が同時に成立する点からみれば、それらのセンサ13,14 故障の状態でもないのであるから、ここではシステム異常と判断することとする。なお、 $\alpha \neq \alpha_{est}$ かつ $d\phi/dt \neq d\phi_{est}/dt$ の場合も同様の判断でよい。

【0077】前記ステップ51で $d\phi/dt \neq d\phi_{est}/dt$ のとき(図13の(c)の(ロ)、(ハ)の時刻0.8秒以後、または図14の(c)の(ロ)、(ハ)の時刻0.8秒以後の状態参照)、故障検知対象センサ13,14 についてセンサ故障があるとして、本プログラム例では、横加速度センサ出力値 $\alpha$ と前後輪舵角からの横加速度推定値 $\alpha_{est}$ とが等しいかどうかについての比較判断を行えば、 $d\phi/dt \neq d\phi_{est}/dt$ かつ $\alpha \neq \alpha_{est}$ の条件を確認して診断を進めることができる。しかし、 $\alpha = \alpha_{est}$ なら図13(d)の(ロ)と(二)に示されるような関係であり、よってこの場合はヨーレートセンサ13の故障と判断し(ステップ56)、ヨーレートセンサの出力の代わりに既述の如くヨーレート推定値を用いて舵角制御を続ける(ステップ55)。

【0078】一方、 $\alpha \neq \alpha_{est}$ なら図14(d)の(ロ)と(二)に示されるような関係であることから、この場合は横加速度センサ14の故障と判断し(ステップ58)、横加速度センサの出力の代わりに既述の如く横加速度推定値を用いて舵角制御を続けることとする(ステップ59)。なお、センサ13と14のいずれの故障であるかを区別するのに、図13(c)の(ロ)、(二)の関係と、図14(c)の(ロ)、(二)の関係を使用するようなプログラムを組むこともできる。

【0079】故障検知対象センサをヨーレートセンサ13及び横加速度センサ14とする本実施例は、上述のような構成でこれを実施することもできる。それらセンサの故障検出において、予備のセンサを設けることもなくセンサ故障を判断し得るし、また、ヨーレートセンサ、横加速度センサを夫々2個ずつ設けた場合でも、故障時その2個のうちのどちらかのセンサが故障したのが判断できないときは、舵角制御のための演算はその2個のうち一方のセンサが故障しただけで停止しなければならなくなるのに対し、センサが故障した際にも制御を続けることができる。

【0080】なお、上記実施例では車両の舵角制御装置における前後輪舵角を第1の状態量としたが、第1の状態量としては前後輪舵角の少なくとも一方を用いるようにし、第2、第3の状態量としては、ヨーレートと横加速度を用いるか、またはヨーレートと横加速度を用いるか、または横加速度と横方向速度を用いるかのいずれかの継接で実施することもできる。更に、本発明は舵角制御装置の他、車両の運動に関する状態量を検出しそれに基づき車両の制御をする制御装置、例えば、サスペンションのアクティブ制御装置(3つの状態量としてサスペンションストローク、ヨーレート及び横加速度を用いる)に適用可能である。

#### 【0081】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、第1の状態量検出手段の出力から第2の状態量検出手段の出力を、及び第1又は第2の状態量検出手段の少なくとも一方の出力から第3の状態量検出手段の出力を夫々推定し、その夫々の推定値と第2、第3の状態量検出手段の出力を比較した夫々の比較結果の組合わせからどの検出手段が故障かを判定することができるので、状態量検出手段に同種のを2以上設けなくても故障診断を行うことができる。従って、車両の制御を行うために必要な状態量が増加しても、状態量検出手段の増加によるコスト増加を最小限に抑えることができる。また、故障が生じた状態量検出手段の特定ができ、故障発生後の措置をより適切なものとすることができる。

【0082】請求項2記載の発明によれば、第2、第3の状態量検出手段のうちの一方の状態量検出手段の出力を、夫々その他方の状態量検出手段の出力と第1の状態量検出手段の出力から推定し、第2、第3の状態量検出手段のいずれか一方が故障したときに該一方の状態量検出手段の出力に代えて上記推定値を用いることにより、第2、第3の状態量検出手段が故障した際にも制御を続けることができる。従って、第2、第3の状態量検出手段について、故障発生時の適切な故障補償を行わせることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明装置の概念図である。

【図2】本発明の一実施例に係る舵角制御システムの構成図である。

【図3】前後輪舵角からヨーレート及び横加速度を推定する方法の一例を示す演算ブロック図である。

【図4】故障診断の一例を示すフローチャートである。

【図5】シミュレーション結果の一例を示す図にして、センサ正常時の結果を示す図である。

【図6】同じく、ヨーレートセンサ故障時の結果を示す図である。

【図7】同じく、横加速度センサ故障時の結果を示す図である。

【図8】同じく、前輪実舵角センサ故障時の結果を示す

図である。

【図9】同じく、後輪実舵角センサ故障時の結果を示す図である。

【図10】同実施例に係る変形例における故障診断の一例を示すフローチャートである。

【図11】本発明の他の実施例の説明に供するヨーレイト及び横加速の相互推定のための方法の一例を示す演算ブロック図である。

【図12】相互推定値を含めた場合のシュミレーション結果を示す図にして、センサ正常時の結果を示す図である。

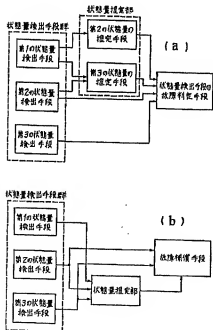
【図13】同じく、ヨーレイトセンサ故障時の結果を示す図である。

【図14】同じく、横加速度センサ故障時の結果を示す図である。

【図15】同じく、前輪実舵角センサ故障時の結果を示す図である。

【図16】同じく、後輪実舵角センサ故障時の結果を示す図である。

【図1】



【図17】本発明の更に他の実施例に係る舵角制御システムの構成図である。

【図18】故障補償処理を含む故障診断の一例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

1L, 1R 前輪

2L, 2R 後輪

6 信号処理部

7 制御演算部

10 舵角制御部

10, 10a, 10b 操舵角センサ

11, 11a, 11b 前輪舵角センサ (第1の状態量検出手段)

12, 12a, 12b 後輪舵角センサ (第1の状態量検出手段)

13 ヨーレイトセンサ (第2の状態量検出手段)

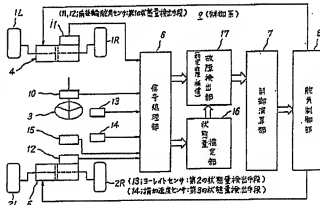
14 横加速度センサ (第3の状態量検出手段)

15, 15a, 15b 車速センサ

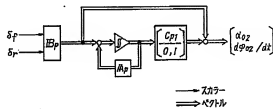
16 状態量推定部 (第2の状態量推定手段, 第3の状態量推定手段)

17 故障検出部 (判定手段; 故障補償手段)

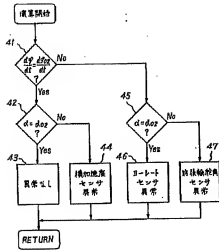
【図2】



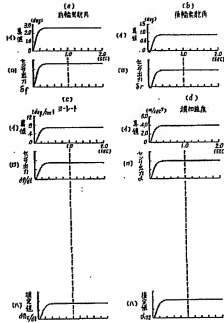
【図3】



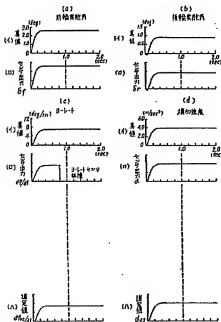
【図4】



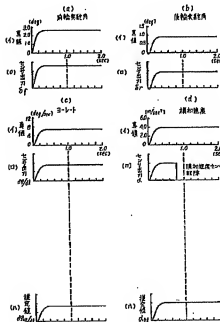
【図5】



【図6】



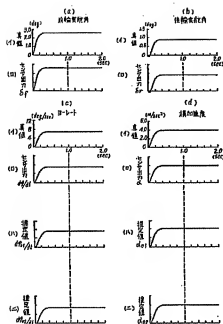
【図7】



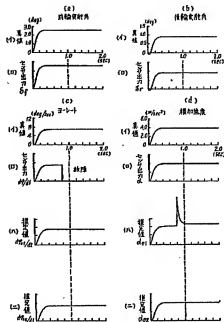




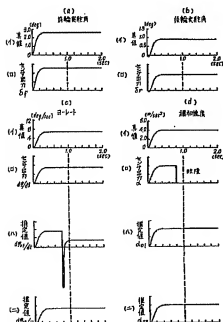
【圖 1 2】



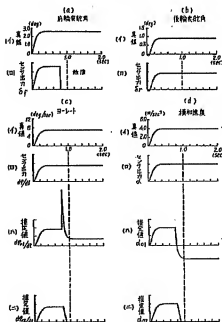
【圖 13】



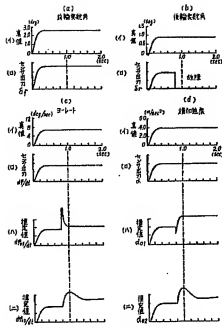
【图 1-4】



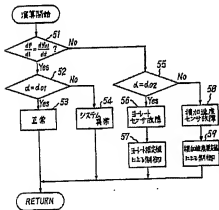
【圖 15】



【図16】



【図18】



【図17】

